精密やすり自動研削装置の試作

（機械工学科）野原　稔

Trial Manufacture of Automatic Grinding Equipment of Precision File

(Department of Machanical Engineering)　Minoru NOHARA

Abstract

Recently the file for precision machining is used as the finisher of the product manufactured by the NC machine tool etc. For this reason, the production spot needs the file for precision machining. The file for precision machining is small as compared with the file currently used until now in the production spot, and the form is also precise.Especially manufacture of the file with special cross-sectional form is difficult for manufacturing this by machine. For this reason, the skillful engineer is manufacturing by hand labor using grinding wheel.However, by a skillful engineer's aging, they are decreasing in number and the manufacturing process of these files needs to hurry automation.

In this paper, the author designed and manufactured cheaply the grinding machine which can control x axis,y axis, and z axis which used the microcomputer. And the author made the surface grinding equipment of a file as an experiment using this equipment

Key Words : Micro Computer, Operation Control, Simulation, Automatic Machine

マイクロコンピュータ，制御，シミュレーション，自動機械

§1　緒言

近年，精密加工用のやすりは，NC工作機械等で製作された製品の最終工程において必要とされており，生産現場から強く要望されている．精密加工用のやすりは，これまで生産現場で使用されていたやすりと比較して小さく，その目立て状態もより細かい．特に，かまぼこ型断面を有するやすりの形状は，握り手側は太く先端に向かってしだいに細くなっている．従来，かまぼこ型断面を有するやすりは，ならい方式を使用した切削盤により製造されていた．しかしながら，この方式によるやすりの加工精度は低く，精密加工用やすりの製造には適さない．このため，精密加工用のやすりの製造は，熟練技術者の研削砥石を使用した手作業によるところが大きい．高齢化による熟練技術者の減少に伴い，これらの工程の自動化が急務となっている．

本研究は，マイクロコンピュータを使用した３軸制御の研削盤を想定し，X軸，Y軸およびZ軸に取付けたモータを相互に同期させ，精密加工用のやすりを製造することを目的とする．

§2　ハードウェア

本システムにおいて，プログラマブルコントローラによる制御は，LUNA製のPROGRAMABLE PALSE CONTROLER（以降，PCと呼ぶ）を使用した[1]．システムの全体写真を図１に，その構成を図2に示す．以降，この装置に使用した主要部品の概要について述べる．なお，左右の往復動作をX軸，被削材の角度調節をY軸，および研削砥石の上下動作をZ軸に対応させている．

2.1　PC

X軸，Y軸，Z軸は，それぞれ独立して制御する必要があるため，各軸に1個のPCを用意した．また，PCに

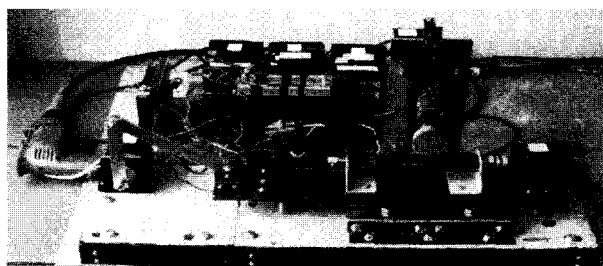



Fig.1 General view of system

は入力および出力ポートがそれぞれ４ポート設置してあり，これらのポートを使用して研削装置の動作開始，原点や動作開始点への移動および研削行程の情報を得た．

2.2　モータ

X軸，Y軸，Z軸は，精密な制御が必要であるため，入力パルス数によって回転量の制御できるステップモータを採用した．また，やすりの表面研削にはACモータを使用した．

2.2.1　往復台および回転台駆動用モータ

往復台および回転台駆動用モータには，Oriental社製の５相ステッピングモータPK５６９-Aをそれぞれ使用した．往復台は，モータの回転軸にアームを取付け，スライダ-クランク機構を応用して滑り台を往復運動させた．また，回転台は，モータ軸にフレキシブルカップリングを介して取付けた．これにより，回転台を左右に滑らかに回転させることができた．

2.2.2　研削台駆動用モータ

研削台駆動用モータには，ラック・ピニオン機構に直接ガイドを組合わせることにより，簡単な構造で軽量化されたＯｒｉｅｎｔａｌ社製の５相ステッピングモータLMA42W200KE-05を使用した．精密直動ガイドの採用でラックガタを低減させており，繰返し位置決め精度は0.05mmとなっている．また，この駆動モータの使用により，研削台は上下方向に滑らかに移動できる．

2.2.3　研削砥石駆動用モータ

研削砥石駆動用モータは，フレキシブルシャフトの一端に直径50mmの軸付き研削砥石を，他端にAC100Vハンドドリル用モータを取付けたものを使用した．

2.3　センサ

やすりを加工する場合，X軸，Y軸，Z軸のそれぞれに原点を設定し，この原点を基準として往復台，回転台および研削砥石を動作させ，やすりを加工する必要がある．このため，各軸に原点確認用のセンサを取り付けた．

2.3.1　往復台センサ

往復台の原点確認用センサには，OMRON製EE－SX673490rを使用した．研削開始点および研削終了点は，往復台の移動量によって決まる．

2.3.2　回転台センサ

回転台の原点確認用センサには，OMRON製EE－SX673580Mを使用した．やすりの円弧面を回転センサの原点を基準にして，10分割し研削砥石で加工を行う．

2.3.3　研削砥石上下台センサ

研削砥石上下台の原点確認用センサには，OMRON製EE－SX673490rを使用した．切削位置の高さは，上下台センサの移動量より決定する．

§3　配線

図３はPCを中心としてモータ，ドライバ，センサ等を配置したシステムの配線図を示す．入出力ポート以外の配線は各PCで共通であり，PCの端子台１および２に

1	Crank motor	4	File	7	Up & down stool	10	Crank arm
2	Ply stool	5	Up & down motor	8	Grinding wheel	11	Revolution sensor
3	Gridig motor	6	Flexible shaft	9	Revolution motor	12	Revolved stool

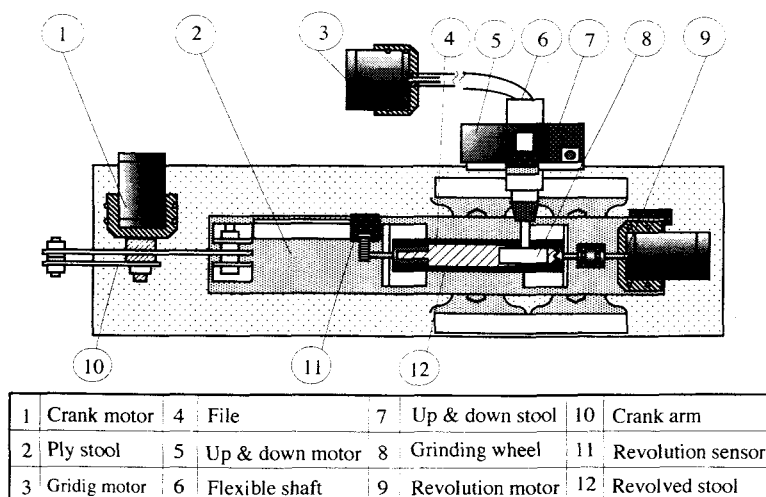



Fig.2 Appearence of system

Table . 1 Connection of inport and outport

Port		PC 1	PC 2	PC 3
IN	1	–	–	Run SW
	2	–	PC 1	PC 1
	3	PC 2	–	PC 2
	4	PC 3	PC 3	–
OUT	9	–	–	SSR
	10	–	PC 1	PC 1
	11	PC 2	–	PC 2
	12	PC 3	PC 3	–

AC100V，端子台５に各ドライバの５Ｖ，14にCW，15にCCW，11には各センサーの出力をそれぞれ接続した．

表１は，PC1，PC2およびPC3の入出力ポートの接続状態を示している．

3.2 ソリッドステートリレー（SSR）

研削砥石を回転させるモータのON/OFF制御は，PCにより行うためSSRを使用した[2]．

§4 往復，回転および上下の動作機構

4.1 往復機構

図４はやすりを固定したスライダを往復運動させるスライダクランク機構を示す．Aを中心としてクランクrを回転させると，スライダはACに沿って左右に往復する．図４に示すように，想定したやすり表面の研削には，スライダのストロークsは180mmである．このため，以下の式(1)を使用し，クランク半径rと連桿lの長さを求めた．

$$s = (r + l) - (r\cos\theta + l\cos\phi)$$
$$r\sin\theta = l\sin\phi \quad \cdots (1)$$

図５は，往復台のスライダ部分を示す．重荷重用戸車を片側に２個ずつ使用し，これで２本の鋼棒を両側から押さえつけ，スムーズな往復運動を可能とした．

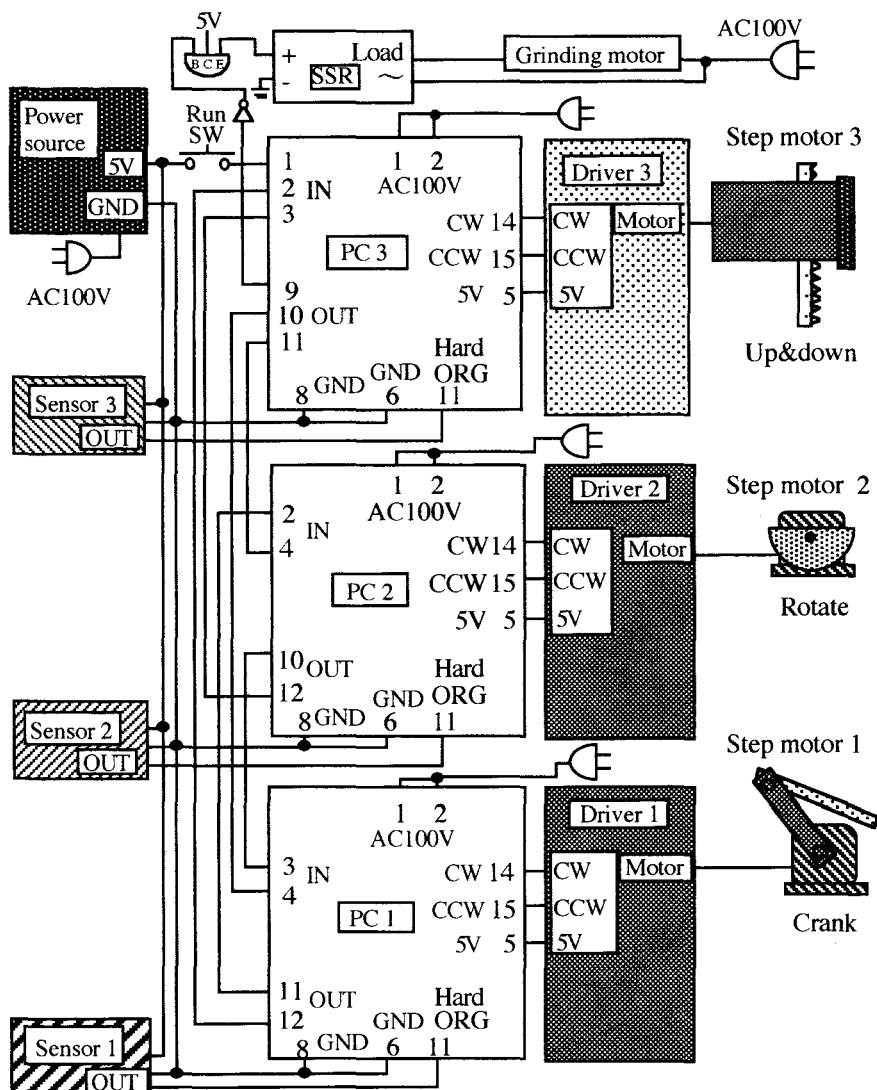



Fig.3 Wiring diagram of system

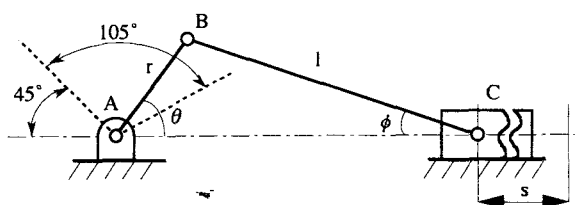



Fig.4 Slider crank mechanism

Fig.5 Slide mechanism

(a) Rotating patten 1 (b) Rotating patten 2

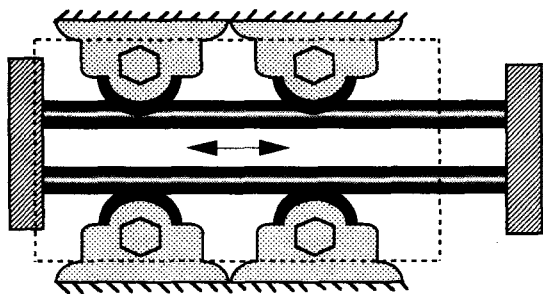
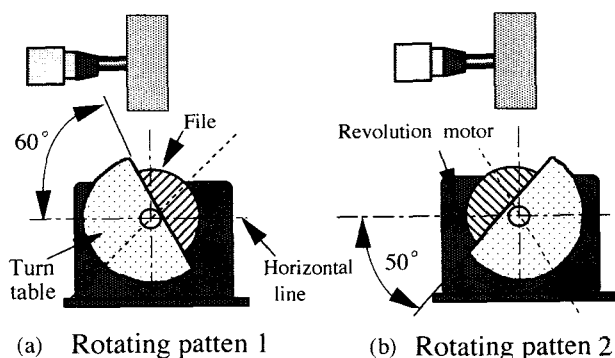



Fig.6 Rotate mechanism

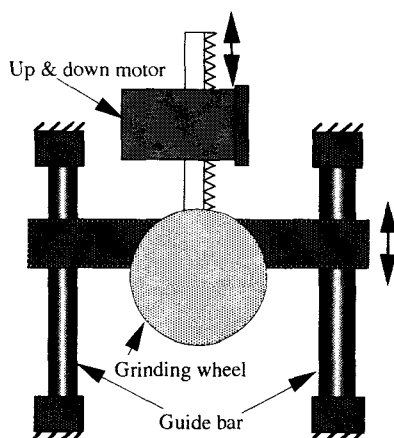



Fig.7 Up&down mechanism

4.2 回転機構

図6は，半円形状の断面を有するやすりを研削する場合の回転台の動作状態を示す．図6 (a) は，やすりの最も左側面を研削する場合を示し回転台を水平軸より60°傾けている．また，図6 (b) は，回転台を左方向に回転させて，やすりの最も右側面を研削する場合を示し，回転台を水平軸より－50° 傾けている．

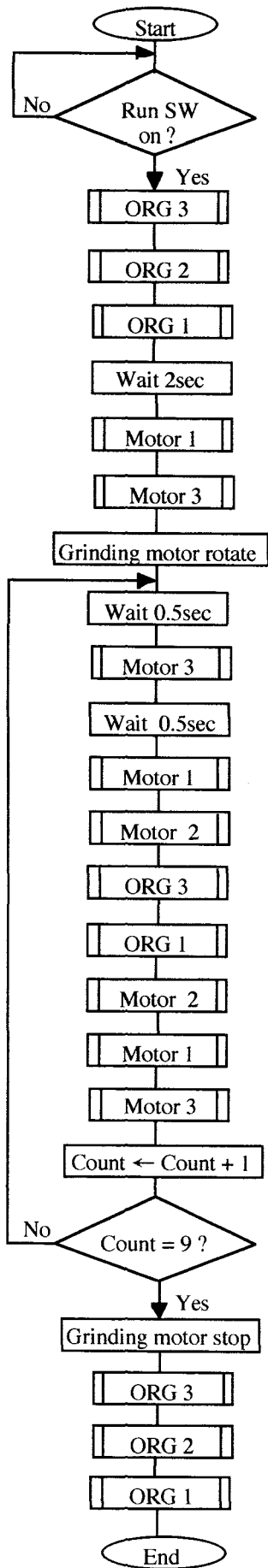
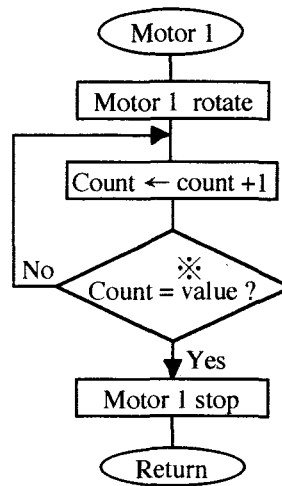
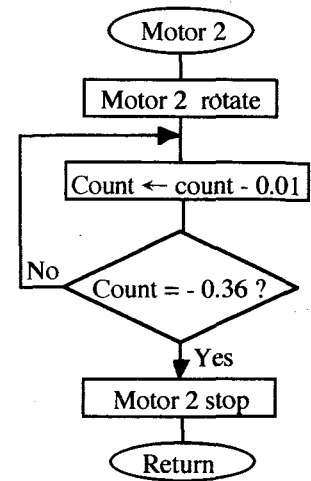
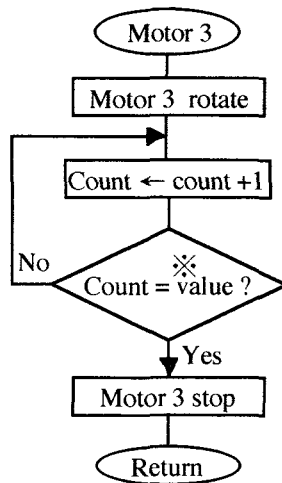
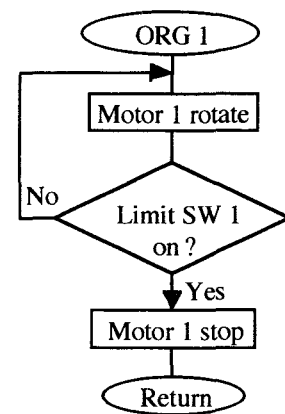
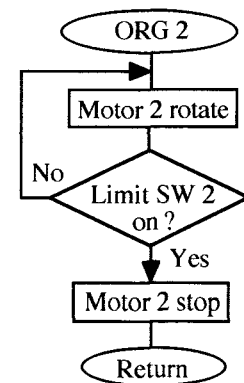
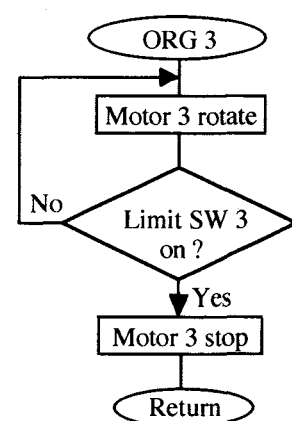
4.3 上下機構

図7は，研削砥石を上下させる機構を示す．モータのラック下端に取付けた台に，フレキシブルシャフトの工具取付け部を固定し，その先端に研削砥石を取付けることで，研削砥石の上下移動を可能にした．なお，研削砥石の上下移動の安定化のため，ラック下端に取付けた台に２本のガイドを設定している．

§5 ソフトウェア

5.1 フローチャートとプログラム動作

図8はシステムのフローチャートを示す．研削装置の電源を投入後、PC１，PC２およびPC３のプログラムをスタートさせる．このとき，各PCのプログラムは待機状態となるよう設定している．この状態でランスイッチを押すと，研削装置は動作を開始する．まず，研削砥石⑨を上下に移動させるモータ④（以降M３とする），やすり⑧を固定している台⑫を回転させるモータ⑦（以降M２とする）および往復台②をクランク⑩を用いて往復運動させるモータ⑧（以降M１とする）の順に原点へ移動し，２秒間待機する．次に，M１，M３の順に研削開始点へ移動する．このとき，研削砥石は，やすりの研削面上５mmの位置で一旦停止した後，研削砥石を回転させる．なお，M２は原点を研削開始点に設定しているため動作しない．研削砥石が回転して0.5秒経過した後，研削砥石をさらに降下させて，やすり表面に研削砥石を接触させる．その後，M１により往復台を一定量移動させ，やすりの表面を研削する．研削後，研削砥石をやすり表面より３mm上げた後，M３，M１の順に原点に戻す．そして，M２により，やすりの固定台を一定角度回転させる．上記の動作を繰返すため，M１，M３の順に研削開始点に移動する．以上の繰返し研削過程を設定した回数は10である．10回の研削が終わり，研削砥石を上げて研削砥石の回転を止め，研削を終了する．この後，M３，M２，M１の順に原点に移動し，研削装置の動作を終了する．なお，PC１およびPC３の，パルス出力モードは絶対値表示，PC２のパルス出力モードは加算値表示とした．

表2は，本システムを動作させるプログラムを示す．

(a) Main program

(b) Subroutine Motor 1

(c) Subroutine Motor 2

(d) Subroutine Motor 3

(e) Subroutine ORG 1

(f) Subroutine ORG 2

(g) Subroutine ORG 3

※ Value is changed by progress of program

Fig. 8 Diagram of flow chart

Table.2 Control program

PC1

Adress	Program	Comment
1-00	FUN 002	Wait input from PC 2
1-01	ORG 0	Move to origin
1-02	FUN 500	Eliminate display
1-03	TIM 2.0	Wait 2 sec
1-04	2.35	Move to 2.35
1-05	FUN 203	Output to PC 3 ON
1-06	FUN 303	Output to PC 3 OFF
1-07	G 2.00	Go to Bank 2-00
1-08	ORG 0	Move to origin
1-09	FUN 500	Eliminate display
1-10	FUN 202	Output to PC 2 ON
1-11	FUN 302	Output to PC 2 OFF
1-12	FUN 002	Wait input from PC 2
1-13	2.35	Move to 2.35
1-14	FUN 203	Output to PC 3 ON
1-15	FUN 303	Output to PC 3 OFF
1-16	L 2.00 09	Go to Bank 2-00 and repeat at 9
1-17	FUN 003	Wait input from PC 3
1-18	G 2.06	Go to Bank 2-06
1-19	ORG 0	Move to origin
1-20	END	End
2-00	FUN 003	Wait input from PC 3
2-01	-0.83	Move to -0.83
2-02	FUN 203	Output to PC 3 ON
2-03	FUN 303	Output to PC 3 OFF
2-04	FUN 003	Wait input from PC 3
2-05	G 1.08	Go to Bank 1-08
2-06	-0.83	Move to -0.83
2-07	FUN 203	Output to PC 3 ON
2-08	FUN 303	Output to PC 3 OFF
2-09	FUN 002	Wait input from PC 2
2-10	G 1.19	Go to Bank 1-19

PC 2

Adress	Program	Comment
1-00	FUN 003	Wait input from PC 3
1-01	ORG 0	Move to origin
1-02	FUN 500	Eliminate display
1-03	FUN 201	Output to PC 1 ON
1-04	FUN 301	Output to PC 1 OFF
1-05	FUN 001	Wait input from PC 1
1-06	-0.36	Move to -0.36
1-07	FUN 201	Output to PC 1 ON
1-08	FUN 301	Output to PC 1 OFF
1-09	L 1.05 09	Go to Bank 1-05 and repeat at 9
1-10	FUN 003	Wait input from PC 3
1-11	ORG 0	Move to origin
1-12	FUN 201	Output to PC 1 ON
1-13	FUN 301	Output to PC 1 OFF
1-14	END	End

PC 3

Adress	Program	Comment
1-00	FUN 000	Wait input from Run SW
1-01	ORG 0	Move to. origin
1-02	FUN 500	Eliminate display
1-03	FUN 202	Output to PC 2 ON
1-04	FUN 302	Output to PC 2 OFF
1-05	FUN 001	Wait input from PC 1
1-06	-1.70	Move to -1.70
1-07	FUN 200	Output to grinding motor ON
1-08	TIM 0.5	Wait 0.5 sec
1-09	G 2.00	Go to Bank 2-00
1-10	ORG 0	Move to origin
1-11	FUN 500	Eliminate display
1-12	FUN 201	Output to PC 1 ON
1-13	FUN 301	Output to PC 1 OFF
1-14	FUN 001	Wait input from PC 1
1-15	-1.70	Move to -1.70
1-16	L 1.08 09	Go to Bank 1-08 and repeat at 9
1-17	FUN 201	Output to PC 1 ON
1-18	FUN 301	Output to PC 1 OFF
1-19	FUN 001	Wait input from PC 1
1-20	G 2.07	Go to Bank 2-07
1-21	ORG 0	Move to origin
1-22	FUN 202	Output to PC 2 ON
1-23	FUN 302	Output to PC 2 OFF
1-24	END	End
2-00	-2.10	Move to -2.10
2-01	TIM 0.5	Wait 0.5 sec
2-02	FUN 201	Output to PC 1 ON
2-03	FUN 301	Output to PC 1 OFF
2-04	FUN 001	Wait input from PC 1
2-05	-1.60	Move to -1.60
2-06	G 1.10	Go to Bank 1-10
2-07	-1.60	Move to -1.60
2-08	FUN 300	Output to grinding motor OFF
2-09	G 1.21	Go to Bank 1-21

§6 結言

本研究において，PC制御によりやすり表面を研削する研削装置を設計し，これを製作した結果を要約すると次のようになる．

1．プログラマブルコントローラ3台を連動させることにより，3軸の機構を制御し，やすりの表面を自動研削できる装置を設計製作することができた．

2．往復台のスライダ部分には，鋼棒と戸車を用いることによりスムーズな往復動作が可能となった．

参考文献

1）MPC－０１取扱説明書．
2）秋月電子通商，SSR取扱説明書．